

Е. С. Гумирова, Е. С. Герасимова, М. А. Васильев, В. М. Уфимцев  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург  
elizavetaa2603@yandex.ru

## УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ФТОРОВОДОРОДА И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*В работе рассмотрены способы утилизации металлургических шлаков и отхода химической переработки фтороводорода – фторангидрита. Подробно описывается влияние этих отходов на состояние окружающей среды, а также возможность их внедрения в производство строительных материалов и изделий. Установили, что рационально использовать никелевый шлак АО «Уфалейникель» в количестве 15–25 % и фторангидрит в количестве 3 % для получения тяжелого бетона.*

Ключевые слова: шлак; фторангидрит; утилизация отходов; прочностные характеристики; производство.

E. S. Gumirova, E. S. Gerasimova, M. A. Vasiliev, M. V. Ufimtsev  
Ural Federal University, Ekaterinburg

## UTILIZATION OF HYDROGEN FLUORIDE AND METALLURGICAL SLAGS IN THE CONSTRUCTION MATERIALS PRODUCTION

*The paper deals with the methods of utilization of metallurgical slags and waste of chemical processing of hydrogen fluoride, namely fluoroanhydrite. The impact of these wastes on the environment is described in detail, as well as the possibility of their introduction into the production of construction materials and products. It was found that it is rationally to use Nickel slag of JSC "Ufaleinikel" in the amount of 15–25 % and fluoroanhydrite in the amount of 3 % to produce heavy concrete.*

Key words: slag; fluoroanhydrite; waste management; strength characteristics; production.

Металлургические шлаки представляют собой побочный продукт, образующийся при выплавке различных металлов. С точки зрения загрязнения окружающей среды шлаки считаются одними из самых вредных отходов, так как в них содержатся в большом количестве токсичные химические вещества. Не стоит скрывать, что тонны отходов металлургического производства, количество которых исчисляется миллиардами, являются глобальной экологической проблемой, как для России, так и мира в целом. Сильнейший удар по экологии наносится в регионах и городах России, где металлургия является основной отраслью промышленности, например, в Ижевске, Челябинске, Златоусте, Нижнем Тагиле, Первоуральске и многих других.

Значительная часть шлаков утилизируется либо в отвалы, либо на специальные поля, отведенные под захоронение шламов и т. д. [1]. Опасность отходов металлургии усиливается тем, что они способны наносить вред окружающей среде даже на расстоянии 200 км от своей локализации. Это происходит вследствие того, что токсичные вещества способны мигрировать на большие расстояния в природной среде. Отходы металлургии губительно влияют на флору и фауну в области шлаковых отвалов и в радиусе его влияния. Стоит отметить, что в данной местности также повышается концентрация меди, никеля и других металлов, что приводит к значительному увеличению предельно допустимых значений концентрации этих металлов, что в свою очередь ведет за собой ухудшение экологической обстановки, губительно сказывающейся на здоровье человека [2].

Отходы металлургического производства необходимо подвергать переработке. Одним из перспективных видов их переработки уже давно является вовлечение шлаков в производство строительных материалов в качестве сырьевых материалов. Введение шлаков при изготовлении, например, бетона повышает его технологические показатели, такие как прочность, трещиностойкость, коррозионную и химическую стойкость, водонепроницаемость, сульфатостойкость и др.

Фторангидрит – твердый отход производства, который представляет собой гранулообразный материал, получаемый в результате сернокислотного разложения плавикового шпата  $\text{CaF}_2$  [3]. Он образуется в качестве побочного продукта на заводах химической промышленности, вырабатывающих кислоту, безводный фтористый водород и фтористые соли, в частности, криолит.

Подобные отходы химической промышленности утилизируют во фтороводородные отвалы (фторангидритовые). Обычно это твердые гранулы с размерами от нескольких микрон до 60 мм, состоящие из безводного сульфата кальция и с переменным содержанием остаточной серной кислоты (до 2–3 %).

Долговременное пребывание ангидрита на земной поверхности вызывают деградацию почв, грунтовых вод и поверхностных водоемов за счет процессов засоления почв и увеличения общей жесткости воды в местах их хранения. Не маловажен и тот факт, что фтороводородом загрязняется и атмосферный воздух, который длительное время выделялся из кислых сульфаткальциевых отвалов.

В настоящей работе изучали пригодность никелевого шлака АО «Уфалейникель» и фторангидрита для производства смешанного вяжущего и бетона на его основе. Для этого готовили вяжущее, в котором заменяли портландцемент на шлак (0, 15, 25, 40, 50 % по массе). Далее изготовленные образцы выдерживались в условиях влажного твердения и испытывались в возрасте 7, 14 и 28 суток.

По результатам предварительных испытаний было выделено 2 оптимальных состава с содержанием шлака 15 и 25 %, т. к. при испытании они показали прочностные характеристики, практически сравнимые с показателями исходного состава без шлака. Они были взяты в качестве исходных составов, в которые в дальнейшем вводился фторангидрит в количестве 0,5; 1 и 3 %. Получили следующую зависимость: с увеличением содержания фторангидрита замечается увеличение прочностных характеристик и при его содержании, равном 3 %, прочность на сжатие бетона сравнима с прочностью бетона исходного состава. При содержании шлака в количестве 15 % и фторангидрита 3 % была получена прочность на

сжатие бетона в возрасте 28 суток – 33,5 МПа, что практически равно прочности бетона контрольного состава (34,2 МПа).

В ходе проведенных испытаний был получен оптимальный состав бетона на смешанном вяжущем, в котором прочностные свойства сохраняются на уровне свойств контрольного состава.

Лучшие прочностные показатели у цементно-шлаковых вяжущих составов, содержащих 15–25 % никелевого шлака. Применение такого смешанного вяжущего позволит частично утилизировать отходы химической и металлургической промышленности, а также сократит расход цементного вяжущего, что скажется на снижении себестоимости изделий. Внедрение этих отходов в производство строительных материалов и изделий позволит сократить количество отходов, улучшая тем самым экологическую ситуацию.

#### Список использованных источников

1. Шлаки и штейны цветной металлургии / А. В. Ванюков, В. Я. Зайцев. М. : Металлургия, 1969. 408 с.
2. Металлургические отходы [Электронный ресурс]. URL: <http://metallplace.ru/about/stati-o-chnoy-metalurgii/metalurgicheskie-otkhody/> (дата обращения: 07.11.2018).
3. Федорчук Ю. М., Зыкова Н. С., Цыганкова Т. С. Использование твердых отходов фтороводородного производства в строительной промышленности // Экология и промышленность России. 2004. № 6. С. 17.